

VŠB – Technická univerzita Ostrava

Fakulta strojní

Katedra obrábění, montáže a strojírenské metrologie

## Zproduktivnění technologie výroby hřídelí v podmínkách TES Vsetín

## Increasing the Efficiency of the Technology, of the Production Shafts in the Conditions of the TES Vsetín

Student:

Vlastimil Juřica

Vedoucí bakalářské práce:

prof. Dr. Ing. Josef Brychta

Ostrava 2015

VSB - Technická univerzita Ostrava  
Fakulta strojní  
Katedra obrábění a montáže

## Zadání bakalářské práce

Student:

**Vlastimil Juřica**

Studijní program:

B2341 Strojírenství

Studijní obor:

2303R002 Strojírenská technologie

Téma:

**Zproduktivnění technologie výroby hřídelí v podmínkách TES Vsetín**  
**Increasing the Efficiency of the Technology, of the Production Shafts in**  
**the Conditions of the TES Vsetín**

Zásady pro vypracování:

1. Historie podniku a výrobní program.
2. Posouzení stávajícího stavu technologie výroby hřídelí.
3. Návrh zproduktivnění stávajícího technologického postupu.
4. Technicko-ekonomické zhodnocení navrhovaného řešení.

Seznam doporučené odborné literatury:

- [1] VASILKO, Karol; NOVÁK-MARCINČIN, Jozef; HAVRILA, Michal. *Výrobné inžinierstvo*. Prešov : Datapress Prešov. 2003, 424 s. ISBN 80-7099-995-0.
- [2] NESLUŠAN, Miroslav; TUREK, Stanislav; BRYCHTA, Jozef; ČEP, Robert; TABAČEK, Marian. *Experimentálne metódy v trieskovom obrábaní*. Žilina : EDIS Žilina, 2007. 343 s. ISBN 978-80-8070-711-8.
- [3] HAVRILA, Michal; ZAJAC, Jozef; BRYCHTA, Jozef; JURKO, Jozef; *Top trendy v obrábaní, I. část – Obráběné materiály*. Žilina : Media/ST, s.r.o Žilina, 2006. 205 s. ISBN 80-968954-2-7.
- [4] ZAJAC, Jozef; JURKO, Jozef; ČEP, Robert. *Top trendy v obrábaní, II. část – Nástrojové materiály*. Žilina : Media/ST, s.r.o Žilina, 2006. 193 s. ISBN 80-968954-2-7.


Formální náležitosti a rozsah bakalářské práce stanoví pokyny pro vypracování zveřejněné na webových stránkách fakulty.

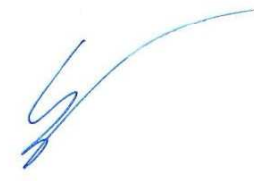
Vedoucí bakalářské práce: **prof. Dr. Ing. Josef Brychta**

Datum zadání: 12.12.2014

Datum odevzdání: 18.05.2015

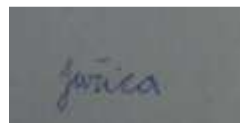


  
Ing. et Ing. Mgr. Jana Petřů, Ph.D.  
vedoucí katedry

  
doc. Ing. Ivo Hlavatý, Ph.D.  
děkan fakulty

Místopřísežné prohlášení studenta

Prohlašuji, že jsem celou bakalářskou práci včetně příloh vypracoval samostatně pod vedením vedoucího bakalářské práce a uvedl jsem všechny použité podklady a literaturu.

A rectangular box containing a handwritten signature in blue ink that reads "Janica".

V Ostravě: 14.5.2015

.....

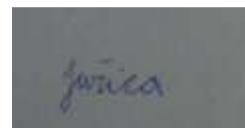
podpis studenta

## Bakalářská práce

Prohlašuji, že

- jsem byl seznámen s tím, že na moji bakalářskou práci se plně vztahuje zákon č. 121/2000 Sb., autorský zákon, zejména § 35 – užití díla v rámci občanských a náboženských obřadů, v rámci školních představení a užití díla školního a § 60 – školní dílo.
- beru na vědomí, že Vysoká škola báňská – Technická univerzita Ostrava (dále jen „VŠB-TUO“) má právo nevýdělečně ke své vnitřní potřebě bakalářskou práci užít (§ 35 odst. 3).
- souhlasím s tím, že bakalářská práce bude v elektronické podobě uložena v Ústřední knihovně VŠB-TUO k nahlédnutí a jeden výtisk bude uložen u vedoucího bakalářské práce. Souhlasím s tím, že údaje o kvalifikační práci budou zveřejněny v informačním systému VŠB-TUO.
- bylo sjednáno, že s VŠB-TUO, v případě zájmu z její strany, uzavřu licenční smlouvu s oprávněním užít dílo v rozsahu § 12 odst. 4 autorského zákona.
- bylo sjednáno, že užít své dílo –bakalářskou práci nebo poskytnout licenci k jejímu využití mohu jen se souhlasem VŠB-TUO, která je oprávněna v takovém případě ode mne požadovat přiměřený příspěvek na úhradu nákladů, které byly VŠB-TUO na vytvoření díla vynaloženy (až do jejich skutečné výše).
- beru na vědomí, že odevzdáním své práce souhlasím se zveřejněním své práce podle zákona č. 111/1998 Sb., o vysokých školách a o změně a doplnění dalších zákonů (zákon o vysokých školách), ve znění pozdějších předpisů, bez ohledu na výsledek její obhajoby.

V Ostravě: 14.5. 2015



.....  
podpis

Jméno a příjmení autora práce:

Vlastimil Juřica

Adresa trvalého pobytu autora práce:

Poteč 104

Valašské Klobouky 76601

### **Anotace bakalářské práce**

JUŘICA, V. *Zproduktivnění technologie výroby hřídelí v podmínkách TES Vsetín : bakalářská práce*. Ostrava : VŠB - Technická univerzita Ostrava, Fakulta strojní, Katedra obrábění, montáže a strojírenské metrologie, 2015, 58s, Vedoucí práce: Brychta, J.

Cílem této bakalářské práce je zproduktivnit technologii výroby hřídelí ve firmě TES Vsetín. Tímto zproduktivněním je myšleno upravit stávající výrobní postup na postup, který bude nejlépe vyhovovat nově zakoupenému soustruhu NG 400. Nový soustruh umožňuje sjednotit určité operace do jednoho kroku a tím i zrychlit celý výrobní cyklus.

### **Annotation of master thesis**

JUŘICA, V. *Increasing the Efficiency of the Technology, of the Production Shafts in the Conditions of the TES Vsetín : Bachelor Thesis*. Ostrava : VŠB - Technical University of Ostrava, Faculty of Mechanical Engineering, Department of Shap, Fitting and metrology, 2015, 58s, Thesis head: Brychta, J.

The intention of this theses is to improve technology of production shafts in corporation TES Vsetín. Content of this thesis is to change now procedure for new procedure, which will best suit new purchased lathe NG 400. New lathe allows unite simply specific operation and there by accelerate all productive cycle.

## OBSAH

<b>Úvod.....</b>	<b>10</b>
<b>1. Historie podniku a výrobní program .....</b>	<b>11</b>
1.1 TES Vsetín, s.r.o .....	11
1.2 TED- Elektrické pohony .....	12
1.2.1 Průmyslová automatizace.....	12
1.2.2 Zkušební stanoviště .....	12
1.2.3 Jednouúčelové stroje .....	13
1.2.4 Elektrické pohony .....	13
1.3 TEM - Elektrické stroje.....	13
1.3.1 Synchronní generátory .....	13
1.3.2 Asynchronní generátory .....	14
1.3.3 Synchronní motory .....	14
1.3.4 Asynchronní motory.....	14
1.3.5 Natáčivé transformátory .....	14
1.3.6 Zvedací stoly .....	15
1.4 TEC - Elektrické komponenty.....	15
1.4.1 Hřídele .....	15
1.5 Materiál hřídele .....	15
1.6 Polotovar .....	16
<b>2. Posouzení stávajícího stavu technologie výroby hřídelí .....</b>	<b>18</b>
2.1 Navrtání - II. operace .....	18
2.2 Soustružení - III. - IV. - V. operace .....	18
2.3 Obrábění - VI. operace .....	20
2.4. Soustružení - VII. operace.....	21
2.5 Broušení - VIII. operace.....	22
<b>3. Návrh zproduktivnění stávajícího technologického postupu.....</b>	<b>24</b>
3.1 Teoretické zákonitosti řezivosti a obrobitelnosti .....	24

3.1.1 Abraze .....	24
3.1.2 Adheze.....	25
3.1.3 Difúze .....	25
3.1.4 Oxidace.....	26
3.1.5 Křehký lom.....	26
3.1.6 Plastická deformace.....	27
3.2 Trvanlivost řezného nástroje .....	28
3.3. Životnost řezného nástroje .....	28
3.4 Řezivost nástroje .....	29
3.5 Obrobitelnost materiálu.....	29
3.6 Vysokorychlostní obrábění .....	30
3.6.1 Vznik třísky při HSC technologii.....	30
3.7 Zefektivnění stávajícího postupu .....	31
3.7.1 II - III. operace - Obrábění .....	33
3.7.2 Používané nástroje.....	33
<b>4. Technicko-ekonomické zhodnocení navrhovaného řešení .....</b>	<b>35</b>
4.1 Časový rozbor původní technologie výroby .....	35
4.2 Časový rozbor navrhované technologie výroby .....	37
4.3 Ekonomické vyhodnocení .....	37
4.4 Vyhodnocení technicko-ekonomického přínosu .....	38
<b>Závěr.....</b>	<b>40</b>

Seznam použitých zkratk a symbolů:

Cr		Chrom
$c_T$	[-]	Konstanta
$c_V$	[-]	Konstanta
HB		Tvrdost dle Brinella
HRC		Tvrdost dle Rockwella
kg		Kilogram ( základní jednotka hmotnosti)
kVA		Kilovoltampéry ( zdánlivý výkon)
m	[-]	Exponent ( míra závislosti řezné rychlosti na trvanlivost)
MAG		Obloukové svařování tavící se elektrodou v aktivním plynu
m/min		Metr za minutu ( jednotka rychlosti)
MIG		Obloukové svařování tavící se elektrodou v inertním plynu
min		Minuta ( jednotka času)
mm		Milimetry ( jednotka délky)
Mo		Molybden
MPa		Megapascal ( jednotka tlaku)
MW		Megawatty ( jednotka výkonu)
Ni		Nikl
$N_U$	[Kč]	Ušetřené náklady
$N_{UM}$	[Kč]	Ušetřené náklady měsíční
$N_{UR}$	[Kč]	Ušetřené náklady roční
ot/min		Otáčky za minutu ( vedlejší jednotka pro frekvenci)
P		Fosfor
Re		Mez kluzu



$R_m$		Mez pevnosti
$S$		Síra
$S_C$	[Kč]	Celková hodinová sazba
$S_S$	[Kč]	Hodinová sazba stroje
$S_P$	[Kč]	Hodinová sazba pracovníka
$T$	[min]	Aritmetický průměr trvanlivosti $T_I$
$T_{CU}$	[min]	Celkový ušetřený čas
$T_I$	[min]	Trvanlivost ostří destičky
$T_P$	[min]	Přípravný čas
$T_S$	[min]	Strojní čas
$v_c$	[m/min]	Řezná rychlost
$\pi$		Pí
$^{\circ}C$		Stupeň Celsia ( jednotka teploty)
$\emptyset$		Průměr

## Úvod

Před tvorbou této práce jsem se informoval o základních parametrech výroby firmy TES Vsetín. Úkolem této bakalářské práce je zproduktivnění současné technologie obrábění za novou kvalitnější a časově méně náročnou technologii výroby zadané hřídele. Zproduktivnění současné výroby se týká úpravy stávajícího pracovního postupu na nový zakoupený stroj do firmy TES Vsetín.

V první kapitole jsem se zabýval shrnutím historie podniku, která sahá až do dvacátých let minulého století. Dále jsem se snažil, co nejblíže přiblížit chod a výrobní program současné firmy.

V druhé kapitole přibližuji čtenářům pracovní postup mé zadané hřídele, jak se vyráběla před modernizací strojů ve firmě. Také uvádím stroje, kterými se tato hřídel vyráběla.

V předposlední kapitole této bakalářské práce předkládám základní teoretické znalosti pro obrábění a zkvalitnění výroby. V této kapitole také představuji nově zakoupený soustruh NG 400. Tento soustruh dokáže provádět více operací na jedno upnutí.

Na závěr bakalářské práce jsem vyhodnotil ušetřený čas mezi oběma pracovními postupy a také vypočítal ušetřené náklady na jednu vyrobenou hřídel.

## **1. Historie podniku a výrobní program**

### **1.1 TES Vsetín, s.r.o**

Historie Vsetínského podniku sahá až do roku 1919. Tehdy Josef Sousedík otevřel elektrotechnický a strojní závod v bývalé pile Rudolfa Londina ve Vsetíně - Trávníkách. V následujících letech Josef Sousedík představil mnoho nových patentů. První patent byl na automatický spouštěč a druhý patent byl třífázový generátor s vlastním buzením. Po dobu dalších několika let vynalezl 58 patentů na území Československa a 163 patentů v zahraničí.

V roce 1927 je nově vybudována slévárna s modelárnou a je zahájen provoz v nové soustružně. Tady se vyráběly stejnosměrné stroje, v pozdější době střídavé synchronní generátory i asynchronní motory s kotvou.

Kolem roku 1934 má podnik již 200 zaměstnanců. Ve stejném roce dopadá na podnik světová hospodářská krize a všechen majetek Josefa Sousedíka je odkoupen firmou Ringhoffer-Tatra.

V roce 1945 dochází k rozvoji podniku pod jménem MEZ Vsetín, který v pozdější době spadá do holdingu ZSE Praha. V dané době je většina produktů vyvážena do SSSR.

Podnik byl zprivatizován v roce 1994 a ve stejném roce byla také založena společnost TES Vsetín, s.r.o. O rok později se zvyšuje konstrukce stejnosměrných hutních motorů. V této době společnost velice prosperuje a expanduje hlavně v západní Evropě. Na začátku 21. století TES představuje vertikální a horizontální generátory pro vodní elektrárny. Postupem času dochází k expanzi firmy i na ostatní kontinenty. [5]

V současné době je firma rozdělena na 3 hlavní divize:

Elektrické pohony TED

Elektrické stroje TEM

Elektrické komponenty TEC



*Obr. 1. TES Vsetín*

## **1.2 TED- Elektrické pohony**

Tato divize má pod svou záštitou tyto pracoviště:

### **1.2.1 Průmyslová automatizace**

Cílem průmyslové automatizace je řešení zahrnující rozsáhlou oblast aplikace s různým stupněm automatizace výrobních procesů. Předmětem dodávky jsou kompletní plně automatické stroje s požadovanými charakteristikami. Stroje zajišťující úkony jako jsou: čištění, výroba, montáž, doprava, testování a nebo celé výrobní linky, které jsou součástí větších výrobních procesů.

Automaty jsou programovatelné u nejjednodušších aplikací v rámci nízkonapěťových rozvaděčů. Tyto rozvaděče v sobě obsahují malé vizualizační a ovládací panely nebo klasické panely se spínacími prvky a signálkami. U náročnějších aplikací je navrhován dvouúrovňový řídicí systém s programovatelných automatů PLC. [5]

### **1.2.2 Zkušební stanoviště**

Zkušební stanoviště a techniky se opírají o dlouholetou praxi v konstrukci. Testovacími objekty mohou být spalovací motory, převodovky, rozvodovky i hotová vozidla určená k provozu. Dodávku tvoří zkušební stanoviště, měřících, mechanických a výkonných částí.

Vozidlové zkušebny jsou určeny pro výrobce vozidel, velké servisní organizace a vývojové ústavy. Tyto zkušebny jsou tvořeny stejnosměrnými nebo asynchronními dynamometry k pohonu a nebo k brzdění zkoušených komponentů. Dále zkušebny umožňují měření kroutícího momentu, měření otáčivé rychlosti a zjišťují mechanický výkon nebo příkon. Vozidlové zkušebny ve firmě TES Vsetín se ještě dělí na Zkušebny osobních automobilů, traktorů a autobusů.

Zkušebny motorů jsou další částí zkušebních stanovišť. Tyto zkušebny se dále dělí na vznětové a zážehové spalovací motory pro dlouhodobé i záběhové zkoušky, které umožňují realizaci té nejvyšší kvality a také testují charakteristiky spalovacích motorů. Umožňují měření výkonu, otáček, teploty, hodnoty emisí a podobných základních parametrů. Všechny tyto parametry se měří na zkušebním stanovišti Hot test.

Zkušební stavy převodovek mají význam pro seřízení, zkoušky hydrodynamických převodovek a rozvodovek. Na těchto stanovištích se zkouší hnací kroutící moment do 250 Nm. Pro vstupní otáčky 0-5000 otáček za minutu. [5]

### **1.2.3 Jednouúčelové stroje**

Tyto stroje slouží pro výrobu součástek na zakázku. Je možné je taky aplikovat v různých provozech automobilového, strojírenského nebo gumárenského průmyslu. Používají se pro: Malosériovou výrobu, Výrobu přesných kusů, Obrábění, Tváření a podobných činností. [5]

### **1.2.4 Elektrické pohony**

Mají uplatnění u jednomotorových i vícemotorových pracovních strojů. Taky se používají u technologických linek. Elektrické pohony se aplikují v automobilovém, strojírenském, energetickém a gumárenském průmyslu. [5]

## **1.3 TEM - Elektrické stroje**

### **1.3.1 Synchronní generátory**

Tyto produkty patří mezi nejprodávanější z divize TEM. Používají se pro všechny typy turbín s výkony do 20 000 kVA. I když výrobky mají mnoho společných rysů, jedná se o zakázkovou výrobu dle parametrů zákazníka. Kontrola probíhá u výroby každého kusu.

Generátory pro vodní elektrárny - GSH s hladkým rotorem, GSV s vyniklými póly a GSP s permanentními magnety. Vyznačují se robustní konstrukcí, mají vynikající parametry a vysokou účinnost. Pro novou konstrukci rotoru dosahují vysokého výkonu až

do 20 000 kVA. Díky dlouhodobé zkušenosti s generátory je umožněna výroba ekologicky čisté energie již u mnoha vodních elektráren.

Dále se vyrábějí generátory i pro větrné elektrárny a pro lodní dopravu. U lodní dopravy se tyto generátory používají u tankerů, zásobovacích lodí, nákladních lodí a trajektů. [5]

### **1.3.2 Asynchronní generátory**

Jsou vyráběny s kotvou na krátko GAK. Používají se pro turbíny s výkonem do 1,5 MW. Všechny části generátoru jsou dostatečně dimenzovány a rotor je vyroben s ohledem na častější výskyt zvýšených otáček. Využití generátorů je jak pro paralelní provoz se sítí, tak i pro provoz ostrovní. [5]

### **1.3.3 Synchronní motory**

Synchronní motory jsou speciální produkt obsahující permanentní magnety. Tyto motory jsou projektovány s elektrickým výpočtem a díky svojí mechanické konstrukci a volitelným příslušenstvím zaručují dlouhodobou životnost, snadnou obsluhu a optimální chod. Využití synchronních motorů je především v lodním průmyslu a slouží také pro pohon horských lanovek. Synchronní motory také zajišťují spolehlivý provoz s delšími servisními časy. [5]

### **1.3.4 Asynchronní motory**

Asynchronní motory reprezentují už více než 6000 motorů vyrobených převážně pro těžký průmysl. Parametry stroje jsou přizpůsobeny mechanické konstrukci a potřebným zakázkovým vlastnostem. Výrobky se převážně užívají v těžkém průmyslu u válcoven ocelí, hutí a cementáren. Tady slouží jako pohony válcových tratí, brzd, nůžek, pohony kulových mlýnů, pohony papírenských strojů, čerpadel vysokých výkonů a zařízení na nároky dynamických vlastností. [5]

### **1.3.5 Natáčivé transformátory**

Natáčivé transformátory jsou elektrické stroje, které umožňují plynulé řízení napětí v portfoliu divize. Vhodné jsou především pro aplikaci ve zkušebních místnostech, stabilizování sítě a pro odporové pece, kde umožňují řízení teploty. Vyráběné jsou především podle zadaných vlastností zákazníka. Natáčivé transformátory jsou vhodné u elektrických strojů, u těchto strojů slouží jako zdroj napětí. Mezi hlavní přednosti výrobku patří regulovatelnost napětí zdroje, absence rušivých signálů a odolnost vůči elektromagnetickému impulsu. [5]

### **1.3.6 Zvedací stoly**

Tyto stoly jsou určeny pro potřeby zkušeben. Výrobky se upínají na plochu, která je tvořena T drážky. Pod deskou se nachází zvedací šroub. Pohyb upínací desky umožňuje převodový motor, který pracuje na bázi šnekového převodu. Díky vybavení proti přetížení a robustní konstrukci tento stroj zaručuje dlouhodobou životnost. [5]

## **1.4 TEC - Elektrické komponenty**

V divizi TEC je mnoho technologií, které mají široké uplatnění na trhu. Mezi základní technologie patří :

Konstrukce a zákaznická podpora, která se řídí dle zakázek. Optimalizovaný průchod jednotlivými předvýrobními i výrobními fázemi zajišťuje dostatečnou míru informovanosti zákazníka podle jeho vlastních potřeb.

Svařování ve firmě TES Vsetín je zajištěno kvalifikovanými experty dokonce i svařovacími roboty. Používá se zde mnoho metod svařování MAG, MIG, TIG i svařování elektrodami. V této divizi je také umožněno orbitální svařování trubek, pálení acetylenem, stáčení plechů a mechanické dělení. Svařovna v této firmě je certifikována normou.

Obrábění v této divizi zahrnuje velkou část výroby celé firmy. Obrábí se zde hřídele, kostry, štíty a podobné součásti, které se dají vyrábět CNC soustružením, CNC obráběním, vyvrtáváním, frézováním, broušením na plocho, na kulato, souřadnicovým vrtáním, elektroerozivním řezáním, hloubením, zkoušením penetrací a ultrazvukem. Výroba zde probíhá jak kusová tak i sériová. [5]

### **1.4.1 Hřídele**

V divizi TEC se vyrábějí hřídele do 750 mm průměru, do 3900 mm délky a do 6 tun váhy hřídele. Kvalitu hřídele zaručuje přesnost výroby. Měřicí přístroje jsou s přesností až 0,001 mm. Pro zefektivnění výroby jsem si vybral hřídel s rozměry Ø240 - 2083,5 [mm]. Z materiálu C45 (12050, 1.1191). Tato hřídel slouží pro generátory. [5]

## **1.5 Materiál hřídele**

Materiál hřídele je C45 - 12050 - 1.1191.

Vlastnosti materiálu: nejpoužívanější uhlíková ocel pro výrobu hřídelí. Vhodná pro zušlechťování a povrchovému kalení s vysokou houževnatostí. Ocel je dobře obrobitelná, má dobrou tvarovou stabilitu po tepelném zpracování. Prokalitelnost této oceli je menší. Pevnost 590-710 MPa. Ocel dosahuje tvrdosti po kalení až 62 HRC.

Použití materiálu: vhodná pro pevnostní díly ve strojírenství. Ocel se nejvíce využívá pro tepelně zpracované díly, kde mechanické vlastnosti oceli jsou využívány maximální možnou mírou. Ocel se používá zejména pro: hřídele těžních strojů, turbokompresorů, ojnic, pístnic, vřeten, šneků a mnoho dalších výrobků. [6]

Chemické složení v %	C	Si max.	Mn	P max.	S max	Cr max.	Mo max.	Ni max.	Cr+Mo+Ni max.
	0,42-0,50	0,40	0,50-0,80	0,030	0,035	0,40	0,10	0,40	0,63
Slož. hotového výrobku	0,40-0,52	0,43	0,46-0,84	0,035	0,040	0,45	0,13	0,45	
Mech. vlastnosti stav zušlechtěný	Průměr mm	Re min. MPa	Rm MPa	A min. %			Z min. %	KV min. J	
	d ≤ 16	490	700-850	14			35	-	
	16<d ≤ 40	430	650-800	16			40	25	
	40<d ≤ 100	370	630-780	17			45	25	
Mechanické vlastnosti stav normalizač. žháněm	d ≤ 16	340	min. 620	14			-	-	
	16<d ≤ 100	305	580	16			-	-	
	100<d ≤ 250	275	560	16			-	-	
	d ≤ 16	340	min. 620	14			-	-	
Maximální hodnoty tvrdosti pro stav:	Zpracováno na stíhatelnost (+S)		Žháno na měkko (+A)				Povrchově kaleno (tvrdost povrchu)		
	HB max. 255		HB max. 207				HRC min. 55		
Technologické vlastnosti									
Tváření za tepla	Doporučené rozmezí teplot pro tváření za tepla : 1150 až 850 °C								
Tepelné zpracování [°C]	Normalizač. žhání [°C]	Žhání na měkko	Isotermické žhání [°C]	Teplota Kalení [°C]		Kalicí prostředí	Teplota popouštění [°C]		Zk. kalení čela [°C]
	840 - 880	650 - 700	800 - 950 660-1hod.	820 - 860		Voda olej	550 - 660		850 ± 5

Tabulka 1. Vlastnosti materiálu

## 1.6 Polotovár

Stanovení délky polotovaru:

$$L_p = r + 2 * Pnč + L$$

Pnč - přídavek na čelo - 3 [mm]

L - délka součásti - 2083,5 [mm]

r - průřez materiálu - 5 [mm]

$$L_p = r + 2 * Pnč + L = 5 + 2 * 3 + 2083,5 = 2094,5 [mm]$$

Stanovení průměru polotovaru:

$$D_p = D_{max} + p_p$$

Dmax - maximální průměr - 240 [mm]

$$p_p = 0,05 * D_{max} + 2 = 0,05 * 240 + 2 = 14 [mm]$$



$$D_p = D_{max} + p_p = 240 + 14 = 254 \text{ [mm]}$$

Přídavek na průměr zaokrouhluji na 255 [mm].

Váha polotovaru:

$$m_p = V * \rho = \frac{\pi * D^2}{4} * L * \rho$$

$$m_p = \frac{\pi * 0,255^2}{4} * 2,095 * 7850 \cong 840 \text{ [kg]}.$$

Polotovar je tedy C45E Ø255 – 2095 – 840 kg

## **2. Posouzení stávajícího stavu technologie výroby hřídelí**

Dle stávajícího výrobního postupu se hřídele vyrábí v několika operacích. Tyto operace jsou stanoveny podle logické posloupnosti.

- I. operace - Dělení materiálu
- II. operace - Vrtání
- III. operace - Soustružení
- IV. operace - Soustružení
- V. operace - Soustružení
- VI. operace - Obrábění
- VII. operace - Soustružení
- VIII. operace - Broušení
- IX. operace - Obrábění
- X. operace - Soustružení

Jestliže nebude počítat s 1.operací dělení materiálu, kdy se materiál ve většině případů nakupuje už zkrácený na míru nebo v ojedinělých případech se krátí ze 6 metrových tyčí pomocí pilového kotouče s řeznou rychlostí (70-200 m/min) a s dokončujícími operacemi jako jsou například: ožehlení, ražení dle požadavku zákazníka, kontrolování, konzervování a balení. Tak se tato hřídel vyrábí v IX. výrobních krocích.

### **2.1 Navrtání - II. operace**

Tato operace slouží k přípravě polotovaru pro následující výrobu na CNC strojích. V tomhle konkrétním případě se jedná o navrtání středících důlků B6,3 do osy válcového polotovaru.

Celá tato operace se provádí ruční vrtačkou v překrytém čase. K navrtání slouží vrtáky B6.3 dle normy ČSN 22 1110.

### **2.2 Soustružení - III. - IV. - V. operace**

Navrtaný polotovar je upnut mezi hroty do středících důlků a rotační pohyb polotovaru nám umožňuje nožový unášec. Díky tomuto unášeci můžeme polotovar soustružit.

Rozměry v toleranční třídě IT7 s přídavkem na plochu 0,15 [mm]. Důvodem této přesnosti je výrobní přesnost stroje.

Všechny tyto operace se provádí na soustruhu TUR 800. Výrobce stroje je zahraniční firma FAT-HACO. [7]



*Obr. 2. Soustruh TUR 800 [7]*

Technické parametry stroje:


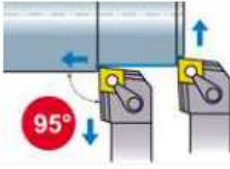


Pracovní oblast:

- Oběžný průměr nad ložem 800 [mm];
- Vzdálenost mezi hroty 3000 [mm];
- Maximální hmotnost mezi hroty 4000 [kg];
- Otáčky vřetene 4-1800 [ot/min];

Před každou operací se musí CNC stroj nejprve seřídit podle určitého zadaného programu.

U III. operace se jedná pouze o zmenšení průměru pro upínání. U operace číslo IV. se vychází z programu I35A, který zhotoví celou levou stranu hřídele. U této operace se počítá s přídavkem na brus 0,4 mm. U operace V. se zhotovuje celá pravá strana hřídele, podle programu I35B. Pravá strana hřídele se soustruží s přídavkem na brus 0,5 mm. U takové operace se taky zarovnávají čela hřídele na konečnou délku hřídele  $L = 2083,5$  [mm].

Použité nástroje:

Nástroj	VBD	Schéma použití	Řezné podmínky
Soustružnický držák PCLNL3232P16 PCLNR3232P16	CNMG160608-MA 		$v_C = 240 \text{ [m.min}^{-1}\text{]}$ $f = 0,30 \text{ [mm/ot]}$ $a_p = 4 \text{ [mm]}$
Soustružnický držák DDJNL3225P15 DDJNL3225P15	DNMX150408-SW 		$v_C = 300 \text{ [m.min}^{-1}\text{]}$ $f = 0,4 \text{ [mm/ot]}$ $a_p = 1 \text{ [mm]}$

Tabulka 2. Použité nástroje

### 2.3 Obrábění - VI. operace

Při téhle operaci se vytáhne součást ze soustruhu a je upevněna na horizontální vyvrtávačku. Typ horizontální vyvrtávačky je WHN 13 od firmy VARNSDORF. [8]



Obr. 3. Horizontální vyvrtávačka [8]

Základní parametry:

- Průměr pracovního vřetene 130 [mm];
- Otáčky pracovního vřetene 10-3000 [ot/min];
- Výkon hlavního motoru 37/46 [kW];
- Maximální hmotnost obrobku 12 000 [kg];

Při této operaci se vrtá průměr 45 mm, pod úhlem 35 stupňů dle výkresové dokumentace. Dále se hrubuje drážka 1 x 36N9 x 258 a také se zhotovují závity M12 i M16.

## 2.4. Soustružení - VII. operace

Tato operace se uskutečňuje na klasickém hrotovém soustruhu SU 350. Tento soustruh umožňuje upnutí hřídele ve sklíčidle a lunetě. Díky tomuto upnutí můžeme soustružit čelní plochy. U této operace chceme docílit k úpravě středících důlků pro broušení.

Výrobce tohoto soustruhu je firma ŠKODA.




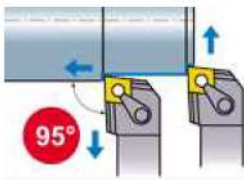
*Obr. 4. Klasický soustruh SU 350.*

Základní parametry stroje:



- Oběžný průměr nad ložem 700 [mm];
- Délka mezi hroty 3000 [mm];

Použité nástroje:

Nástroj	VBD	Schéma použití	Řezné podmínky
Soustružnický držák PCLNR3232P12	CNMG120408-MA 		$v_c = 60 \text{ [m.min}^{-1}\text{]}$ $f = 0,25 \text{ [mm/ot]}$ $a_p = 2 \text{ [mm]}$

Tabulka 3. Použité nástroje

## 2.5 Broušení - VIII. operace

Tato operace patří mezi jednu z dokončovacích metod. Brousí se průměry hřídele s přídávkem na broušení. Tato operace je zde zařazena z důvodu soustruhu TUR 800 (NC), který není schopen splnit předepsané požadavky výrobku. Hřídel je upnuta mezi hroty a broušení se provádí s nástrojem s nedefinovatelnou geometrií břitu.

Ve firmě TES Vsetín se používá hrotová bruska TOS BUT 63 x 4000 výrobcem této brusky je firma VOPA Praha. Před několika lety ovšem byla bruska modernizována na NC brusku firmou FERMAT a byl zvětšen oběžný průměr.



Obr. 5. Hrotová bruska 1

Základní parametry stroje:

- Maximální oběžný průměr 840 [mm];
- Vzdálenost mezi hroty 4000 [mm];
- Maximální hmotnost obrobku 2500 [kg];
- Otáčky brusného vřetene 768 [ot/min];
- Výška stroje 1870 [mm];
- Šířka stroje 3100 [mm];
- Délka stroje 12650 [mm];
- Hmotnost stroje 15700 [kg];

Nástroj k broušení se používá brusný kotouč.

- Velikost 800x80x305;
- Brusivo - 98A 100J 10V C40;

### **3. Návrh zproduktivnění stávajícího technologického postupu**

#### **3.1 Teoretické zákonitosti řezivosti a obrobitelnosti**

Opotřebení vzniká na všech strojních součástích, které mezi sebou mají kontakt a relativní pohyb.

Při procesu obrábění vzniká relativní pohyb mezi nástrojem a obráběným materiálem, další relativní pohyb vzniká mezi nástrojem a odcházející třískou. Relativní pohyb mezi nástrojem a obráběným materiálem vzniká na hlavním a vedlejším hřbetě a také na špičce nástroje. Odebraná tříska odchází po čele nástroje a to způsobuje opotřebení nástroje.

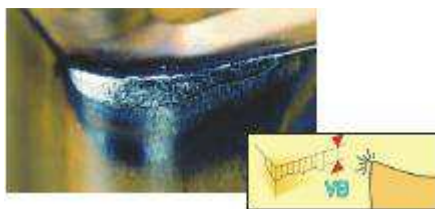
Opotřebení nástroje závisí na mnoha faktorech (vlastnosti materiálu obrobku i nástroje, řezné podmínky, typ obrábění, pracovní prostředí atd.) Základní mechanismy opotřebení nástroje:

- Abraze;
- Adheze;
- Difúze;
- Oxidace;
- Křehký lom;
- Plastická deformace;

##### **3.1.1 Abraze**

Je to jedna z nejrozšířenějších forem opotřebení. Abraze znamená mechanické obrušování tvrdých částic z obrobeného materiálu a měkkých mikročástic z povrchu nástroje. Dalo by se říci, že je abraze brusný otěr, který vzniká při broušení. Abrazivní opotřebení břitů nástroje je přímo úměrné jeho tvrdosti. Z toho plyne, že čím je tvrdší materiál nástroje, tím lépe odolává abrazivnímu opotřebení, ale tvrdost nástroje nezaručuje lepší imunitu proti zbylým mechanismům opotřebení nástroje. [2]





*Obr. 6. Abrazivní opotřebení*

### 3.1.2 Adheze

Tento mechanismus opotřebení vzniká v místech mezi hřbetem nástroje, čelem nástroje a obráběným materiálem. Toto opotřebení vzniká důsledkem vysokých tlaků a chemicky čistých povrchů v plochách, které se navzájem dotýkají. Adhezní opotřebení se objevuje převážně při nízkých řezných teplotách kolem místa vrcholových mikro nerovností.

Vlivem působení vysokých tlaků, vzniká v místě kolem mikro nerovností plastická deformace. Příčinou této deformace je chemicky čistý materiál. Po zvětšení místních teplot vznikají mikroskopické sváry. Těmito svarům se říká adhezní spoje. Materiál s nástrojem jsou vůči sobě v pohybu. Proto se mikro svary odtrhávají ve většině případů z obráběného materiálu. Adhezivní mechanismus opotřebení se vyskytuje při pohybu dvou kluzných ploch a působením normálových sil nastává deformace v oblasti výšky nerovnosti. [2]



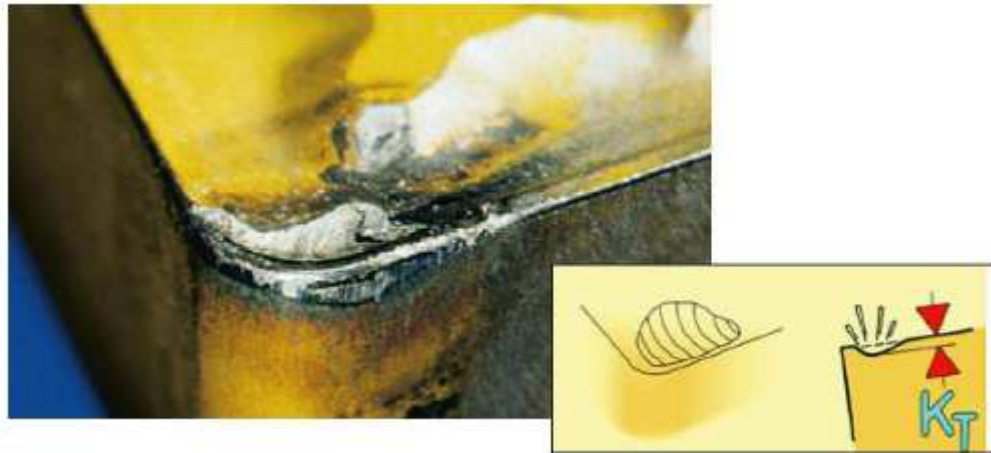
*Obr.7. Adhezivní opotřebení*

### 3.1.3 Difúze

Difúze nastává kdykoliv je překročena řezná teplota hodnotu 800-900 stupňů Celsia. U těchto teplot se difúzní opotřebení stává převládajícím mechanismem opotřebení hřbetu i čela nástroje. Při těchto vysokých teplotách opotřebení už není závislé na tvrdosti, nýbrž na teplotě a chemických reakcích obrobku a nástroje.

Vznik difúze na styčných plochách nástroje nejvíce ovlivňuje teplota. Při teplotě 800 - 900 stupňů Celsia stoupá rychlost difúze až o  $10^9$  vůči pokojové teplotě. Další skutečnost, která velice ovlivňuje difúzi je vysoký tlak a také že dochází na styčných plochách k tření chemicky čistých povrchů. Díky vysoké teplotě a vlivem teploty na opotřebení nástroje se většinou vytváří největší žlábek na čele břitů nástroje. Tento žlábek se nejčastěji vytváří při

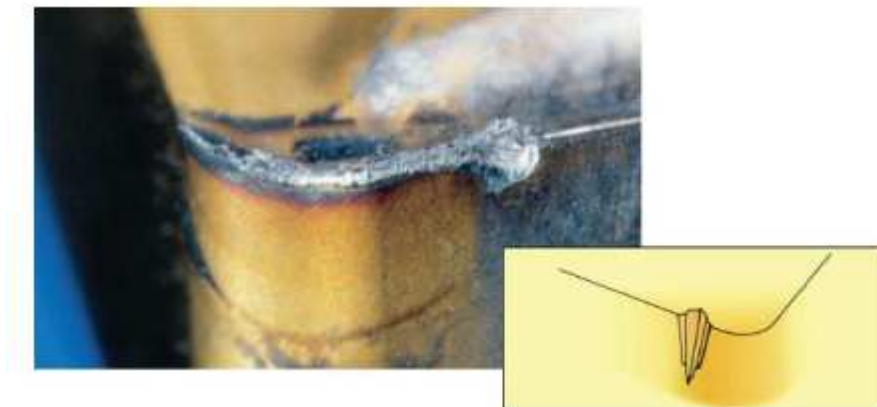
vysokých rychlostech. Difúze probíhá ve dvou směrech a to pohyb atomů z feritu oceli do nástroje a pohybem atomů uhlíku do odváděné třísky materiálu. [2]



*Obr.8. Difúzní opotřebení*

#### **3.1.4 Oxidace**

Toto opotřebení vzniká v místě vedlejšího hřbetu nástroje, kde břit opouští záběr z obrobkem. Destrukce nástroje vzniká kvůli teplotě i kvůli přítomnému okolnímu vzduchu. Vysoká řezná rychlost způsobuje vysokou teplotu a ta má za následek vznik tzv. oxidačních rýh, které mají vliv na zhoršení drsnosti obrobeneho materiálu. Oxidace může také vést k destrukci břitu vlivem vysokých řezných rychlostí. [2]



*Obr.9. Oxidační opotřebení*

#### **3.1.5 Křehký lom**

Vznik křehkého lomu je většinou způsoben termomechanickými příčinami. Řezné síly a kolísání teplot vedou k vydrolování a lomu nástroje. Často je tedy mechanická únava vyvolána velmi vysokými řeznými silami. Lom vzniká v důsledku velké pevnosti nebo tvrdosti obráběného materiálu a obrábění tohoto materiálu s velkým posuvem. Zvyšujícími

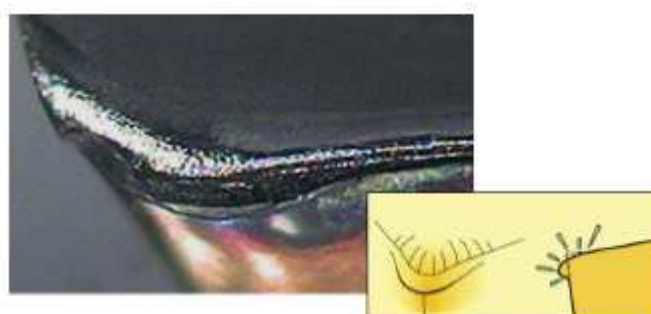
řeznými silami se může docílit k opotřebení nástroje nebo k samotnému lomu břitu nástroje. [2]



*Obr.10. Křehký lom*

### **3.1.6 Plastická deformace**

Pokud teploty stoupnou nad hranici tepelné stability, tak dochází k plastické deformaci. Dochází tedy ke zborcení ostří, které vede k deformaci špičky. Důsledkem této deformace může vzniknout také lavinové opotřebení. [2]



*Obr.11. Plastická deformace*

Mechanismy abraze a adheze jsou také nazývány jako fyzikální, mechanismy difúze a oxidace jsou brány jako chemické. Všechny tyto mechanismy opotřebení působí plynule v průběhu času, ale začátek mechanismu nemusí být vždycky stejný.

Mechanismy, které působí okamžitě na nástroj jsou křehký lom a plastická deformace. Tyto mechanismy okamžitě ukončí trvanlivost nástroje, a tím ukončí požadovanou činnost nástroje.

Hřbet nástroje se nejvíce opotřebovává mechanismy abraze a oxidace, čelo nástroje trpí u prvních čtyřech výše uvedených mechanismů opotřebení.

Na hřbet i čelo nástroje mají vliv také další faktory. Nejvýznamnější faktory jsou geometrie nástroje, druh operace, řezné podmínky a způsob chlazení.

### 3.2 Trvanlivost řezného nástroje

Trvanlivost nástroje můžeme definovat, jako součet všech čistých časů od začátku obrábění až do jeho optimálního otupení. Toto otupení má předem stanovenou hodnotu. Tato hodnota je stanovena podle výrobku a to tak, aby tento výrobek po zhotovení měl svoji předepsanou kvalitu. Kvalitou se myslí požadovaný tvar, rozměry, drsnost a to by měl nástroj splňovat po celou dobu operace. Trvanlivost nástroje se vztahuje pouze na opotřebení břitu nástroje nikoliv na jeho lom. Lom nástroje okamžitě ukončí trvanlivost břitu nástroje. V dnešní době je lom nástroje nepřijatelný, jelikož využíváním progresivních nástrojů by jsme měli volit takový typ nástroje, který nevede k tomuto konci.

Faktory nejvíce ovlivňující trvanlivost nástroje :

- Metoda obrábění ( soustružení, frézování, vrtání atd.);
- Vlastnosti obráběného materiálu;
- Vlastnosti nástrojového materiálu;
- Řezné podmínky (řezná rychlost, posuvová rychlost, hloubka řezu, chlazení);

Již na začátku 20. století zjistil F. W. Taylor, že na trvanlivost řezného nástroje má největší vliv řezná rychlost a dokázal odvodit vztah pro tyto veličiny.

Taylorův vztah:

$$T = \frac{c_T}{v_c^m} \text{ [min]}$$

Jelikož je konstanta  $c_T$  velmi vysoká (řádově  $10^9 \div 10^{13}$ ), používá se nejčastěji vztah:

$$v_c = \frac{c_v}{T^{\frac{1}{m}}}$$

Velikost hodnoty  $c_v$  ( $10^2 \div 10^3$ ) a konstanty jsou ve vztahu  $c_v = c_T^{1/m}$ .

### 3.3. Životnost řezného nástroje

„Životnost nástroje je definována jako součet všech jeho trvanlivostí, nebo též jako celková doba funkce nástroje od prvního uvedení do činnosti až do jeho vyřazení (nástroje, které lze ostřit jsou vyřazeny v případě, že byly použity všechny jejich břity)".

Vztah pro životnost nástroje s vyměnitelnými destičkami:

$$Z = \sum_{i=1}^q T_i = q \cdot T \quad [\text{min}]$$

Vztah pro životnost celistvých nástrojů:

$$Z = \sum_{i=1}^{x+1} T_i = (x + 1) \cdot T \quad [\text{min}]$$

### 3.4 Řezivost nástroje

Tato vlastnost nástroje lze také vysvětlit, jako schopnost nástroje efektivně odebírat třísku z obráběného materiálu. Velice úzce souvisí s mechanickými a fyzikálními vlastnostmi nástroje. Dále také souvisí s mechanickými vlastnostmi obráběného materiálu.

### 3.5 Obrobitelnost materiálu

Obrobitelnost materiálu můžeme chápat, jako souhrn vlastností obráběného materiálu vhodného pro určitý typ obrábění, neboli schopnost materiálu nechat se obrábět řezným nástrojem. Každý materiál má odlišnou schopnost nechat se obrábět. Pojem obrobitelnost nelze jednoznačně definovat z důvodu různorodosti operací, kontinuálního vývoje a vylepšování řezných nástrojů. Obrobitelnost materiálu je rozdělena do 9 skupin:

- a - litiny;
- b - oceli;
- c - těžké neželezné kovy (měď a slitiny mědi);
- d- lehké neželezné kovy ( hliník a slitiny hliníku);
- e - plastické hmoty ;
- f - přírodní nerostné hmoty;
- g - vrstvené hmoty;
- v - tvrzené litiny pro výrobu válců;

U každé skupiny je vybrán jeden z materiálů, který slouží jako etalon a podle tohoto etalonu se dále zjišťují ostatní obrobitelnost materiálů ve skupině a dále jsou zařazovány do tříd obrobitelnosti (např. 10a, 14b). Normativy zařazující oceli do tříd obrobitelnosti se

provádí pomocí zkoušek bez chlazení, tyto zkoušky se dělají slinutými karbidy P10 - P20. Tyto karbidy mají oproti dnešním řezným nástrojům nižší řezivost, proto se můžou používat vyšší řezné rychlosti. Obrobitelnost je pojem relativní, protože obrobitelnost nezáleží jenom na obráběném materiálu, ale taky je posuzována v souvislosti s řezivostí nástroje.

### 3.6 Vysokorychlostní obrábění

Toto obrábění známé jako HSC (High Speed Cutting) umožňuje zvyšování produktivity výroby. Tato metoda se snaží snížit náklady a zvýšit objem výroby při zachování potřebné kvality.



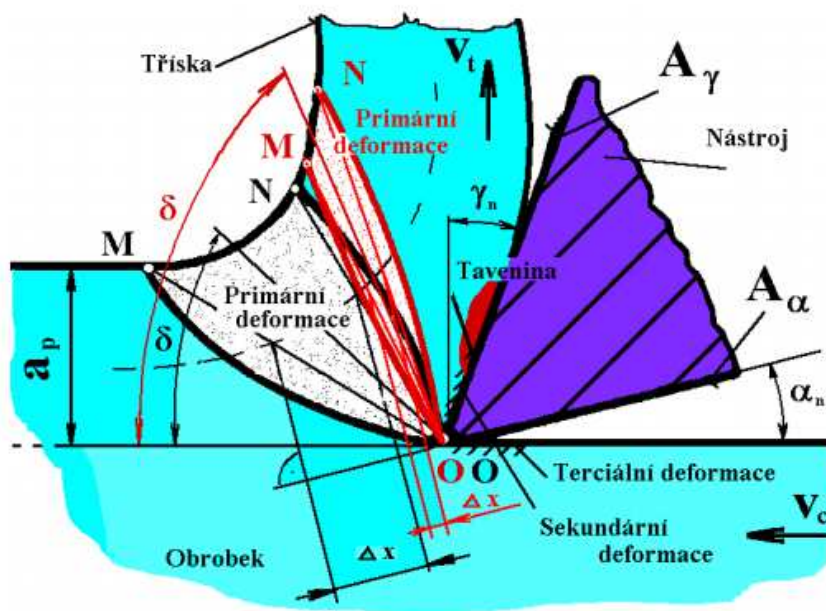
*Obr.12. HSC*

HSC technologie má počátky vzniku z kraje 20. století. Definici vysokorychlostního obrábění jako první definoval Carl Salomon roku 1931. Definoval ji jako technologii, kde se zvýší řezná rychlost o pět až deseti násobek normálního konvenčního obrábění. V dnešní době se už ví, že HSC nemůže být charakterizována pouze vysokými rychlostmi a posuvy, ale musí splňovat celou řadu potřebných parametrů. Tyto parametry se týkají hlavně: otáček vřetena, posuvů a hloubky odebrané vrstvy. HSC technologie má rozdílný vznik třísky než při konvenčním obrábění. [3]

#### 3.6.1 Vznik třísky při HSC technologii

U vzniku třísky při HSC technologii dochází k mnoha změnám vzniku třísky než při běžném obrábění. Tyto změny jsou především z oblasti metalurgie, chemie, ale i z oblasti mechanických vlastností třísek. U této technologie je posuvová rychlost téměř srovnatelná s řeznou rychlostí. Také se sníží plocha styku třísky a břitu řezného nástroje. Díky zmenšení plochy styku se sníží nárůst teploty v kontaktní zóně. Při HSC technologii se jenom minimální množství tepla přenáší do nástroje, protože většina vzniklého tepla třením odchází třískou.

U HSC technologie se mění koeficient tření, se zvětšující řeznou rychlostí se koeficient tření zmenšuje. Při výjimečných případech na spodní straně třísky většinou dochází k tekuté vrstvě materiálu. Jelikož tření na čele nástroje ubývá, tak se zmenšuje i přechování třísky, ale narůstá zakřivení. Díky tomuto faktu narůstá úhel skluzu, což nám zajišťuje zmenšení přetvárné práce. [3]



Obr.13. Tvorba třísky u HSC technologie

### 3.7 Zefektivnění stávajícího postupu

Pro zvýšení produktivity při výrobě hřídel v podmínkách TES Vsetín, byl zakoupen nový soustruh NG400 (CNC) od firmy Boehringer. Tento soustruh umožňuje provádět více operací (soustružit, frézovat, vrtat) na jedno upnutí na stroji. Tímto dojde ke zrychlení výroby a také k úspoře strojního času při výrobě.





*Obr.14. Soustruh NG400*

Základní parametry:

Rozměry stroje:

- Maximální délka 7998 mm
- Maximální šířka 3387 mm
- Maximální výška 3190 mm

Hmotnost stroje:

- Hmotnost základního stroje 40 500 kg
- Maximální hmotnost včetně vybavení 47 000 kg

Pracovní prostor :

- Délka soustružení 3000 mm
- Maximální oběžný průměr nad ložem 665 mm

Pro tento soustruh byl upraven stávající pracovní postup.

- I. operace - Dělení materiálu
- II. operace - Obrábění
- III. operace - Obrábění
- IV. operace - Obrábění
- V. operace - Broušení
- VI. operace - Soustružení



Po těchto operacích následují dokončovací operace: odjehlení, ražení (dle požadavku zákazníka, číslo výkresu atd.), kontrolování, konzervování a balení. U výroby této hřídele se využívalo 10 operací, při koupi nového stroje se počet operací snížil pouze na 6. Z nového pracovního postupu lze odvodit, že je daleko jednodušší na výrobu zadaného výrobku, než byl původní pracovní postup.

### 3.7.1 II - III. operace - Obrábění

K těmto operacím slouží stroj NG 400, jeho hlavní parametry jsou uvedeny výše. Před každou operací se musí tento stroj seřadit. To znamená napsat program pro zhotovení určité části hřídele.

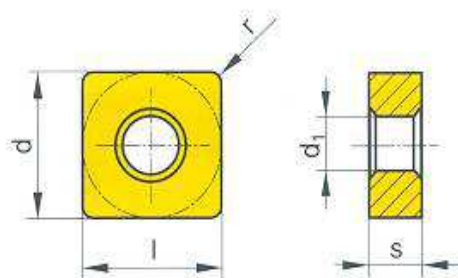
U II. operace se soustruží levá strana hřídele + důlek M 30. Tato operace se hrubuje s přírůstkem na plochu 2 [mm].

U III. operace se soustruží dle zadaného programu pravá strana hřídele + důlek M24. Potom se frézují drážky a vrtají 3 otvory M8. Soustruží se s přírůstkem 0,4 [mm], tento přírůstek je přírůstek na brus a slouží pro lepší kvalitu povrchu materiálu.


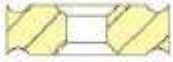
### 3.7.2 Používané nástroje

Pro optimální fungování tohoto stroje je potřebné dávat si pozor na opotřebení břitové destičky na nástroji. Pro tento případ výroby hřídelí destička nejvíce trpí abrazivním opotřebením špičky nástroje. Může se stát, že únavou materiálu nebo nesprávným zacházením se špička nástroje zlomí, ale toto se stává pouze v ojedinělých případech. Za nevyhovující formu opotřebení se může brát pískání břitu nástroje při obrábění, ale také chvění nástroje popřípadě zjevné otupení špičky.

Pro obrábění se ve firmě TES Vsetín využívají břitové destičky čtvercové od firmy Walter. [9]



Obr.15. SNMG 150616 GH

Tvar destičky	Úhel hřbetu	Tolerance [mm]	Typ VBD	Velikost [mm]	Tloušťka [mm]	Rádus [mm]
S	N	M	G	15	06	16
Čtverec 90°	0° 	$\pm 0,08$ až $\pm 0,13$		d = l	s	r

Tabulka 4. Technické parametry VBD

Pro tento typ destičky a pro tuhle zvolenou hřídel se používají tyto řezné podmínky.

$v_c$ [m/min]	f [mm/ot.]	$a_p$ [mm]
250	0,5	6

Tabulka 5. Řezné podmínky

Za těchto stanovených podmínek firma TES Vsetín mění řeznou část nástroje po 25 minutách. Pro dokonalé otupení se tento nástroj posílá na obyčejné soustruhy, kde ho dělníci dále používají do absolutního otupení při méně náročných operacích na kvalitu výrobku.

#### **4. Technicko-ekonomické zhodnocení navrhovaného řešení**

Navrhovaným řešením je zakoupení nového stroje NG400 pro urychlení a také zkvalitnění stávající výroby. Dále se z původního pracovního postupu sloučí operace II. a III. .

Zakoupením tohoto stroje se investuje do budoucnosti podniku. Díky této investici se firma zdokonalí v následujících bodech:

- Vyšší produktivita práce;
- Zajištěním kvality výroby;
- Schopnost konkurence s ostatními výrobci;
- Zvýšení počtu vyrobených hřídelí;
- Lepší zisky firmy;
- Posílení jména firmy v obchodní činnosti a marketingu;
- Možnosti použít progresivnější technologii i u ostatních hřídelí;

Cena stroje NG 400 je 26 844 620 [Kč]. Tato cena je pouze cena stroje. Dále se musí taky počítat s cenou náradí, nástrojů a měřidel, která se pohybuje kolem 1 600 000 [Kč]. Důležitou částí instalace je úprava pracoviště, školení údržby (tlumočnick) a vybudování podkladu pro stroj. Jelikož se obrábí velmi mohutné obrobky je zapotřebí taky zdvihací zařízení pro přenos obrobku do stroje a jeho následné upnutí.

Budu srovnávat ušetřený čas původní technologie a nové navržené technologie. Tento čas je uveden v technické dokumentaci a skládá se ze součtu času jednotlivých strojních operací a času přípravného.

##### **4.1 Časový rozbor původní technologie výroby**

Do tabulky jsem uvedl původní pracovní postup. U tohoto postupu jsem ke každé operaci uvedl potřebný normovaný čas pro přípravu a i nutný strojní čas pro výrobu určité části operace. Hodnoty strojních časů jsem uvedl z původního pracovního postupu.

Uvedené hodnoty v tabulce jsou v minutách [min].

Pořadí	Název operace	Přípravný čas	Strojní čas
1	Řezat	3,00	14,319
2	Navrtat	0,00	0,000
3	Seřídít	17,00	0,000
4	Soustružit	0,00	24,806
5	Seřídít	45,00	0,000
6	Soustružit	0,00	80,370
7	Seřídít	50,00	0,000
8	Soustružit	0,00	94,261
9	Obrábět	75,00	76,844
10	Soustružit	40,00	19,845
11	Brousit	33,00	279,807
12	Obrábět	75,00	37,705
13	Soustružit	80,00	64,835
14	Odjehlit	8,00	20,000
15	Razit	5,00	14,883
16	Kontrolovat	0,00	0,000
17	Konzervovat	3,00	5,597
18	Balit	5,00	3,880
	<b>Celkem</b>	<b>439,00</b>	<b>737,152</b>

*Tabulka 6. Původní pracovní postup*

Všechny tyto časy jsem sečetl abych dostal celkový čas přípravy a celkový strojní čas.

Celkový přípravný čas původního pracovního postupu je  $T_P = 439$  [min].

Celkový strojní čas původního pracovního postupu je  $T_S = 737,152$  [min].

## 4.2 Časový rozbor navrhované technologie výroby

V tabulce jsou uvedeny hodnoty vypočítaných strojních časů, které jsem obdržel z firmy. Pro nový stroj NG 400 tyto hodnoty jsem uvedl do navrhovaného pracovního postupu.

Všechny hodnoty v tabulce jsou uvedeny v minutách [min].

Pořadí	Název operace	Přípravný čas	Strojní čas
1	Řezat	3,00	14,319
2	Seřídit	70,00	0,000
3	Obrábět	0,00	55,600
4	Seřídit	110,00	0,000
5	Obrábět	0,00	90,700
6	Obrábět	75,00	108,000
7	Brousit	33,00	246,373
8	Seřídit	8,00	18,518
9	Odjehlit	40,00	18,200
10	Razit	5,00	13,530
11	Kontrolovat	0,00	0,000
12	Konzervovat	3,00	5,182
13	Balit	5,00	3,653
	<b>Celkem</b>	<b>352,00</b>	<b>574,075</b>

*Tabulka 7. Navrhovaný pracovní postup*

Díky upravenému pracovnímu postupu vyšel výsledný přípravný čas  $T_p = 352$  [min] a výsledný strojní čas  $T_s = 574,075$  [min].

## 4.3 Ekonomické vyhodnocení

Tímto vyhodnocením je myšleno počítání z upravenými vnitropodnikovými účtovacími sazebníky strojů. Tyto sazebníky spadají do kompetence ekonomů firmy, kteří je musejí každým rokem upravovat. Sazba je odvozena od hodinové spotřeby stroje, od pracovní doby člověka a také i stroje. Nejenom tyto parametry ovlivňují hodinovou sazbu stroje, ale tato sazba je značně ovlivněná také díky nevýrobní částí divize jako jsou výdejna náradí, vedení divize apod.

Sazba se skládá ze 3 částí:

- Spotřebovaná elektrická energie za hodinu;
- Sazba člověk za hodinu (člověkohodina);
- Sazba stroje za hodinu (strojohodina);

K vyhodnocení ekonomické stránky věci budu dále počítat s hodinovou sazbou stroje  $S_S = 880$  [Kč] a hodinová sazba člověka je  $S_P = 230$  [Kč] i s odvody za zaměstnance.

#### 4.4 Vyhodnocení technicko-ekonomického přínosu

V současné době firma TES Vsetín vyrábí mnoho podobných hřídelí. Doba mezi objednávkou zákazníka a vyrobením hotové součásti má být co nejkratší. S jakoukoliv úsporou času v pracovním postupu se tedy zvyšují zisky firmy. Tímto zproduktivněním je možno snížit cenu výrobku, a tím zvýšit konkurenci schopnost firmy na trhu.

Pro můj konkrétní případ firma TES Vsetín vyrábí přibližně 40 kusů zadaných hřídelí za měsíc. Tedy 480 hřídelí za rok tohoto typu. Mimo tyto probírané hřídele se ve firmě vyrábějí také mnoho jiných hřídelí, které se liší pouze rozměrově.

Z výše uvedených tabulek vyplývá časový rozdíl mezi původním pracovním postupem a navrhovaným postupem. Tento rozdíl činí u přípravného času 87 minut a u strojního času 163,077 minut. Sečtením těchto dvou ušetřených časů nám vyjde celkový ušetřený čas na výrobu jedné zadané hřídele. Tento celkový ušetřený čas je  $T_{CU} = 250,077$  [min].

Jelikož máme sazby hodinové, musíme tyto sazby převést na minutové. Také můžu sečíst hodinové sazby stroje a hodinové sazby pracovníka, abych dostal celkovou hodinovou sazbu, která se účtuje za hodinový provoz.

$$S_C = S_S + S_P = 880 + 230 = 1110 \text{ [Kč]}$$

Po vypočítání celkové hodinové sazby, kterou musíme vydělit 60, aby jsme dostali minutovou sazbu a následným vynásobením ušetřeného času na jeden výrobek, zjistíme ušetřené náklady na jednu hřídel.

$$N_U = \frac{S_C}{60} * T_{CU} = \frac{1110}{60} * 250,077 = 4626 \text{ [Kč]}$$

Po zjištění ušetřených nákladů na jednu hřídel, můžu jednoduše odvodit částku, která se ušetří za měsíc při výrobě pouze tohoto jednoho druhu hřídelí. Za měsíc se vyrábí 40 kusů hřídelí.

$$N_{UM} = N_U * 40 = 4626 * 40 = 185040 \text{ [Kč]}$$

Protože už znám měsíční ušetřené náklady, lehce spočítám roční ušetřené náklady pro tuto hřídel.

$$N_{UR} = N_{UM} * 12 = 185\,040 * 12 = 2\,220\,458 \text{ [Kč]}$$

Z výpočtu vyplývá, kolik se ušetřilo peněz ročně úpravou stávajícího pracovního postupu na nově zakoupený soustruh NG 400. Tento soustruh se normálně odepisuje 60 měsíců, což je 5 let. Po této době by se investice měla vrátit. Jak vidíme z výpočtu jenom za jeden druh hřídelí se ročně vrátí 2 220 458 [Kč].

## **Závěr**

Cílem bakalářské práce bylo zproduktivnit stávající pracovní postup výroby hřídelí v podmínkách TES Vsetín na nově zakoupený stroj NG400.

V první části se zabývám historií a seznámením s podnikem TES Vsetín, abych přiblížil výrobu podniku. Dále pro svou zadanou hřídel jsem rozebral všechny operace, které se uskutečnily při starém pracovním postupu. Po navržení nového pracovního postupu pro soustruh NG 400 jsem vyčíslil oba pracovní postupy. Srovnáme-li původní pracovní postup a jeho časy s navrhovaným pracovním postupem dojdeme k závěru, že navrhované řešení nám ušetří čas přípravný přibližně o 20 procent a čas strojní přibližně o 28 procent. Toto ušetření času nám umožní menší náklady na výrobu 1 kusu součásti. Dále jsem chtěl poukázat na to, kolik se ušetří za rok při výrobě 480 součástí. Dospěl jsem k názoru, že pro firmu TES Vsetín se určitě vyplatí zakoupení tohoto stroje. Jelikož i při nemalé vložené investici na zakoupení stroje a instalaci stroje na pracoviště, se díky množství výrobků vyráběných na tomto stroji do budoucnosti mnohonásobně vrátí.

Vypracovaná bakalářská práce poukazuje na vývoj pracovních strojů a nových technologií. V současné době je trend vývoje nových progresivnějších technologií v neustálém předstihu před realitou. Z toho vyplývá mnoho možností, jak efektivitu výroby zvýšit.



### **Poděkování**

Rád bych velmi poděkoval vedoucímu bakalářské práce prof. Dr. Josefu Brychtovi za cenné připomínky a rady, které mi svým odborným vedením poskytl a tedy přispěl k vypracování bakalářské práce.

Dále děkuji přátelům a spolužákům, kteří mi pomohli radou, oporou a povzbuzením. V neposlední řadě bych chtěl poděkovat své rodině za umožnění vysokoškolského studia.

Seznam použité literatury:

Tištěná literatura:

[1] BRYCHTA, J., *Výrobní stroje obráběcí*. Ostrava: Editační středisko VŠB-TU Ostrava, 2009, s.150. ISBN 978-80-248-1893-1

[2] ZAJAC, J.; JURKO, J.; ČEP, R. *Top trendy v obrábění, II.část - Nástrojové materiály*. Žilina: Media/ST, s.r.o ŽILINA, 2006. 193 s. ISBN 80-968954-2-7

[3] ČEP, R.; BRYCHTA, J.; SADÍLEK, M.; NOVAKOVÁ, J.; PETŘKOVSKÁ, L. *Nové směry v progresivním obrábění*. Ostrava: VŠB-TU Ostrava, 2007. s. 251. ISBN 978-80-248-1505-3.

[4] HAVRILA, M.; ZAJAC, J.; BRYCHTA, J.; JURKO, J.; *Top trendy v obrábění, I. část - Obráběné materiály*. Žilina: Media/ST, s.r.o ŽILINA, 2006. 205 s. ISBN 80-968954-2-7

Elektronické zdroje:

[5] TES [online]. [cit 13. března 2015]. Dostupné z: <http://www.tes.cz/>

[6] PRECIS [online]. [cit 27. března 2015]. Dostupné z: <http://www.preciz.cz/sluzby-hlavni/material-normal/1.1191>

[7] EXAPRO [online]. [cit 7.dubna 2015]. Dostupné z: <http://www.exapro.cz/soustruh-cnc-fat-haco-tur-800-mn-p41113152/#!/prettyPhoto>

[8] VARNSDORF [online]. [cit 12. dubna 2015]. Dostupné z: <http://www.tosvarnsdorf.cz/cz/produkty/horizontalni-vyvtavacky-stolove/whnq-13-15-cnc/>

[9] WALTER [online]. [cit 14. dubna 2015]. Dostupné z: <http://www.walter-tools.com/cs-cz/Pages/default.aspx>